

明 細 書

超高強度コンクリートの自己収縮低減法

技術分野

本発明は、超高強度コンクリートの自己収縮低減法に関する。

背景技術

従来より、建築分野では、 $100 \sim 150 \text{ N/mm}^2$ 級の超高強度コンクリートの適用実績がある（例えば非特許文献1）。土木分野ではほとんど実績がないと言ってもよいが、プレキャスト部材を使用した橋梁構造物で、圧縮強度 200 N/mm^2 を有する鋼繊維補強モルタル（ 2 mm 以下の粒子と金属繊維で構成された粗骨材を含まないモルタル）が最近実用化された（山形県の酒田みらい橋）。しかし、この特殊モルタルは強度は高いがコストも高い。前記の建築分野で実績のある圧縮強度 $100 \sim 150 \text{ N/mm}^2$ レベルのコンクリートは自己収縮が大きいので、そのままでは一般に土木分野での大型のコンクリート構造物には不適である。

非特許文献1：建築技術2002.07. P184～188, P189～193

発明の目的

超高強度コンクリートの自己収縮はひび割れ発生や、PC部材のせん断耐力の低下、PC部材とした時の有効プレストレスの低下を引起す原因となるので、構造物の設計・耐久性の両面からなるべく自己収縮を小さくすることが肝要であるが、補強繊維なしの圧縮強度 150 N/mm^2 以上の超高強度コンクリートでは、材齢91日での自己収縮量が $400 \mu\text{m/m}$ 以上、場合によっては $500 \mu\text{m/m}$ 以上を示す。このため、目標とする強度および施工性を損なわずに且つ経済的に、超高強度コンクリートの

自己収縮量を低減することが望まれている。本発明はこの要求を満たすことを目的とする。

発明の開示

本発明によれば、圧縮強度 100 N/mm^2 を超える超高強度コンクリートの配合において、粗骨材の容積%以下を人工軽量骨材で置換し、コンクリート 1 m^3 当り 30 Kg 以下の膨張材および／または単位結合材量に対し4重量%以下の収縮低減剤を配合して材齢91日での自己収縮量を $0\sim600\text{ }\mu\text{m/m}$ にする超高強度コンクリートの自己収縮低減法を提供する。使用する人工軽量骨材は、吸水率5%を超え $\sim 20\%$ 、圧壊荷重 $1000\sim2000\text{ N}$ 、絶乾密度 $1.4\sim2.0\text{ g/cm}^3$ のものであるのがよい。この超高強度コンクリートは、さらにJIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」に従う減水剤、高性能減水剤、AE減水剤または高性能AE減水剤の少なくとも1種を配合することができ、水とセメントを含む結合材との比（水結合材比）が $10\sim25\%$ 、粗骨材量が $0\sim400\text{ L/m}^3$ であるのがよい。セメントを含む結合材は、好ましくはセメントとシリカフュームからなる。

図面の簡単な説明

図1は、超高強度コンクリートの配合例とスランプフローとの関係を示す図である。

図2は、超高強度コンクリートの配合例と凝結始発時間との関係を示す図である。

図3は、超高強度コンクリートに膨張材および／または収縮低減剤を配合した場合の圧縮強度の経時変化を示す図である。

図4は、超高強度コンクリートに人工軽量骨材を配合した場合の圧縮強度の経時変化を示す図である。

図 5 は、超高強度コンクリートに人工軽量骨材と膨張材および／または収縮低減剤を配合した場合の圧縮強度の経時変化を示す図である。

図 6 は、超高強度コンクリートに膨張材および／または収縮低減剤を配合した場合の自己収縮ひずみの挙動を示す図である。

図 7 は、超高強度コンクリートに人工軽量骨材を配合した場合の自己収縮ひずみの挙動を示す図である。

図 8 は、超高強度コンクリートに人工軽量骨材と膨張材および／または収縮低減剤を配合した場合の自己収縮ひずみの挙動を示す図である。

図 9 は、粗骨材の吸水率と自己収縮ひずみ（自己長さ変化）との関係を示す図である。

発明の好ましい形態

本発明が対象とするのは、 100 N/mm^2 を超える圧縮強度（91日圧縮強度）、さらには 130 N/mm^2 以上の圧縮強度（91日圧縮強度）を示す超高強度コンクリートである。このような超高強度コンクリートは、水、セメントを含む結合材、細骨材、最大寸法 20 mm 以下の粗骨材、JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」に準ずる減水剤、高性能減水剤、A E 減水剤または高性能A E 減水剤の少なくとも1種を、水結合材比 $10\sim 25\%$ 、粗骨材量 400 L/m^3 以下の配合基準で混練することによって製造することができる。セメントを含む結合材とは、ポルトランドセメント、ポゾラン系およびスラグ系混和材料を含む混合セメント、またはこれらにシリカフュームを混和したもの（シリカフュームセメントとも呼ばれる）を包含する。

本発明は、このような超高強度コンクリートにおいて、前記の粗骨材の 30 容積%以下を人工軽量骨材で置換し、コンクリート 1 m^3 当り 30 Kg 以下の膨張材および／または単位結合材量に対し 4 重量%以下の収縮低減剤を配合して材齢91日での自己収縮量を $0\sim 600\text{ }\mu\text{m/m}$ に低減す

る。

コンクリートの自己収縮は、コンクリート内部におけるセメントの水和反応の進行によって細孔空隙中の水が消費され、水面がより細孔径の小さな空隙に移動し、これによって水の表面張力に起因する毛細管張力が増大することによって起こる現象であると説明されている。いわゆる「自己乾燥」が原因である。水セメント比の小さな高強度コンクリートではとくにこれが顕著となり、シリカフューム等を用いて組織を緻密化するとさらに毛細管張力が大きくなり、収縮量も大きくなる。

本発明に従って人工軽量骨材を適量配合すると、前記の自己乾燥を低減する作用を果たす。人工軽量骨材が保有する水分がコンクリート中の「貯水池」として機能し、水和反応によって消費される水分を補償し、細孔空隙中の乾燥を低減する「セルフキュアリング効果」を発揮し、これによって自己収縮や乾燥収縮の低減を図ることができる。

本発明で使用する人工軽量骨材は、吸水率が5%を超え～20%、圧壊荷重が1000～2000N、絶乾密度が1.4～2.0 g/cm³のものが好ましい。

このような人工軽量骨材の代表的な製造例を挙げると、下記の化学成分をもつ火力発電所副生の石炭灰粗粉（a）と下記の化学成分をもつ頁岩の微粉末（b）とを（a）：（b）の重量比が4：6～6：4の割合で混合し、バインダーを加えて造粒したあと、これをロータリキルンで約1100～1200℃で焼成し、その冷却過程においてほぼ100～200℃から水中に急冷する。得られた焼成品は粗砕し分級して5mm以下の細骨材分と5～15mmの粗骨材分とに分別することができる。

（a）石炭灰の化学成分値（質量%）＝SiO₂：約54%、Al₂O₃：約29%、Fe₂O₃＋FeO：約4.5%、CaO：約3.5%、MgO：約1.0%、強熱減量：約4.7%

（b）頁岩の化学成分値（質量%）＝SiO₂：約70%、Al₂O₃：

約 13%, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$: 約 4.2%, CaO : 約 1.6%, MgO : 約 1.6%, 強熱減量: 約 5.6%

このようにして得られた 5 ~ 15 mm の粗骨材分は、例えば絶乾密度 = 1.52 g/cm^3 , 熱間吸水率 = 15%, JIS Z 8841 に従う圧壊荷重 = 1130 N を示す。ここで、熱間吸水率とは、この人工軽量骨材の焼成過程において 100 ~ 200 °C から水冷した後、常温状態にて、これを表乾状態で吸水率を測定した値を言う。このものは、細孔半径 50 ~ 6000 nm において細孔量がほぼ均等に分布しており、累積細孔量（総細孔量）は約 $110 \text{ m}^3/\text{g}$ に達する。このことが、低比重でありながら高強度化に寄与し且つ保水性能を高めるのに有効に作用する。同様の原理に従い、原材料の選定と焼成条件の適正な制御を行うことによって、JIS Z 8841 に従う圧壊荷重が 1000 ~ 2000 N の範囲、絶乾密度が $1.4 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$ の範囲、吸水率が 5 % を超え ~ 20 % の範囲にある人工軽量骨材を製造することができ、この人工軽量骨材を用いることによって、自己収縮量が少ない超高強度コンクリートを製造することができる。

人工軽量骨材の圧壊荷重が 1000 N 未満では 100 N/mm^2 以上のコンクリート強度を得ることができず、逆に 2000 N を超えるものでは十分な細孔量を確保できなくなり、このために吸水率が低下するので自己収縮量の低減に寄与することができない。したがって、本発明で用いる人工軽量骨材の圧壊荷重は 1000 ~ 2000 N, 好ましくは 1100 ~ 2000 N, さらに好ましくは 1200 ~ 1800 N である。また、該人工軽量骨材の絶乾密度が 1.4 g/cm^3 未満では圧壊荷重 1000 N 以上を確保するのが困難となり、該密度が 2.0 g/cm^3 を超えると十分な吸水率を確保するのが困難となるので、本発明で用いる人工軽量骨材の絶乾密度は $1.4 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$ 好ましくは $1.40 \sim 1.70 \text{ g/cm}^3$ であるのがよい。吸水率については 5 % 以下ではコンクリートの自己収縮や乾燥収縮に対する改善効果が十分に現れず、20 % を超えると密度 2.0 g/cm^3 以下で圧

壊強度 1000 N 以上を確保するのが困難となるので、本発明で用いる人工軽量骨材の吸水率は 5 % を超え～ 20 %，好ましくは 7～20 %，さらに好ましくは 10～18 % であるのが望ましい。

超高強度コンクリートへの人工軽量骨材の配合に際しては、粗骨材の配合量の 30 容積 % 以下をこの人工軽量骨材で置換するという処法でよい。粗骨材の 30 容積 % より多くを人工軽量骨材で置換すると超高強度コンクリートが本来有すべき性質を損なうおそれがでてくるからである。

本発明においては、このように粗骨材の一部を人工軽量骨材で置換したうえ、さらに自己収縮量を確実にかつ精密にコントロールするために、膨張材および／または収縮低減剤を所定量配合する。すなわち、人工軽量骨材を適量配合したうえで、膨張材または収縮低減剤をそれぞれ単独で配合するか、または膨張材と収縮低減剤を併用して配合する。

使用する膨張材としては、水と反応してエトリンガイトと呼ばれる針状結晶を生成し、これが通常のセメント反応生成物よりも粗な組織を形成し、これによる見かけの体積が大きくなることを利用してコンクリートを膨張させるものが好ましい。このような市販の膨張材としては、例えば電気化学工業株式会社製の商品名パワー C S A，パワー C S A type R 等が挙げられる。膨張剤の配合量としては、超高強度コンクリート 1 m³ 当り 30 K g 以下とすればよい。

収縮低減剤については、コンクリートの収縮の原因となる毛細管張力を低減させる作用をもつもの、すなわち細孔中の水の表面張力を低減する効果をもち、ことによって、自己収縮や乾燥収縮を低減する効果を発揮するものが好ましい。このような市販の収縮低減剤としては、低級アルコール付加物のもの、例えば太平洋マテリアル株式会社製の商品名テトラガード A S 2 1 等が使用できる。収縮低減剤の配合量としては、超高強度コンクリートの単位結合材量に対し 4 重量 % 以下とすればよい。

本発明の超高強度コンクリートに用いる結合材としては、ポルトランド

セメントのほか、次のような結合材例えば、シリカフューム、フライアッシュ、石炭ガス化フライアッシュ、高炉スラグ微粉末などを使用することができる。

本発明の超高強度コンクリートに用いる化学混和剤（JIS A 6204に準ずる減水剤、高性能減水剤、A E 減水剤または高性能 A E 減水剤の少なくとも 1 種）としては、ポリカルボン酸系、ポリエーテル系、ナフタレン系、メラミンスルホン酸系、アミノスルホン酸系等のものが使用できるが、とくにポリカルボン酸系もしくはポリエーテル系のものが好ましい。また、その助剤として消泡剤を使用することができる。

以下に、本発明の超高強度コンクリートの自己収縮低減法を本発明者らが行った代表的な試験例によって具体的に説明する。

試験例 1

〔使用材料〕

セメント：シリカフュームセメント（密度 3.08 g/cm^3 ，比表面積 $4050 \text{ cm}^2/\text{g}$ ）

細骨材：段戸産石英片岩砕砂（表乾密度 2.62 g/cm^3 ，吸水率 0.72% ，粗粒率 3.10 ）

粗骨材：段戸産石英片岩碎石（最大寸法 20 mm ，表乾密度 2.62 g/cm^3 ，吸水率 0.57% ，実績率 63.1% ）

混和剤：ポリカルボン酸エーテル系高性能減水剤（花王株式会社製の商品名マイティ 3 0 0 0 T H 2 ）

人工軽量骨材：石炭灰系の人工軽量骨材（日本メサライト工業株式会社の商品名 J ライト，粒径 $5 \sim 10 \text{ mm}$ ，絶乾密度 $1.40 \sim 1.60 \text{ g/cm}^3$ ，吸水率 12.2% ，圧壊荷重 $1100 \sim 1300 \text{ N}$ ）

膨張材：石灰－エトリンガイト系膨張材（密度 3.02 g/cm^3 ，比表面積 $3500 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，電気化学工業株式会社製の商品名パワー C S A type R）

収縮低減剤：低級アルコール付加物（太平洋マテリアル株式会社製の商品

名テトラガード A S 2 1)

表 1 に試験の水準とコンクリートの配合条件を示した。表 1 中の記号は次のとおりである。W=水, C=シリカフェームセメント, G=粗骨材, SP=高性能減水剤, JL=人工軽量骨材, EX=膨張材, RA=収縮低減剤。表 1 のとおりの 12 の配合ケースについて、以下の試験を行った。表 2 にその基本配合を示した。

表 1

配合名	空気量 (%)	W/(C+EX) (%)	W (kg/m ³)	G+JL 容積 (l/m ³)	SP/(C+EX) (%)	EX (kg/m ³)	RA/ (C+EX) (%)	JL/(G+JL) 容積率 (%)
基本配合	1.5	17	155	300	1.5	-	-	-
E20						20	-	-
E25						25	-	-
E30						30	-	-
R2						-	2.0	-
E25R2						25	2.0	-
JL10						-	-	10
JL20						-	-	20
JL30						-	-	30
JL20E10						10	-	20
JL20R1						-	1.0	20
JL20E10R05						10	0.5	20

表 2

(W は SP 容積分を含む)

W/C (%)	空気量 (%)	粗骨材容積 (l/m ³)	SP/C (%)	単位量(kg/m ³)				
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 SP
17	1.5	300	1.5	155	912	613	798	13.7

〔試験方法〕

コンクリートは強制二軸式ミキサ（容量 100 リットル、回転数 60 rpm）を用いて練り混ぜた。粗骨材（人工軽量骨材含む）以外の材料をミキサに投入後 120 秒練り混ぜ、一旦ミキサを停止して内壁や羽に付着したセメントを掻き落とした後に再びミキサを作動して 180 秒練り混ぜた。さらに粗骨材（人工軽量骨材含む）投入後 180 秒練り混ぜ、ミキサから排出した。コンクリート練上がり後は直ちにスランプフローと空気量、コンクリート温度を測定し、圧縮強度、凝結時間および自己収縮を測定する。

ための供試体を作製した。圧縮強度は J 1 S A 1 1 0 8 - 1 9 9 9 に準じ、材齢 7, 28, 56, 91 日の 4 材齢で測定した。凝結時間は J 1 S A 1 1 4 7 - 2 0 0 1 に準じて測定したが、自己収縮の測定開始時間を知るために始発時間までの計測とした。自己収縮は J C I 自己収縮委員会 - 1 9 9 6 の方法に準拠したが、ひずみの測定は低剛性タイプの埋込みひずみ計によって行った。

〔スランプフローおよび凝結時間〕

図 1 に各配合のスランプフローを示した。図 1 の結果から、膨張材の添加によってスランプフローは低下し、施工性を損なう傾向があることがわかる。逆に収縮低減剤はスランプフローを増大させる効果が見られた。また、人工軽量骨材の置換率が高いほどスランプフローは増大傾向を示し、施工性が向上することがわかる。スランプフロー 550 mm 以上の配合については、良好な自己充てん性を有しているものと判断された。なお、空気量はすべてのケースにおいて 1.3 ~ 2.5 % の範囲に調整されたものである。

図 2 に各配合の凝結始発時間の結果を示した。膨張材および人工軽量骨材を単独で使用した場合には、基本配合と比較して凝結始発時間に大きな差は見られない。しかし、これらを併用したケース (J L 2 0 E 1 0) では凝結始発時間は早くなる結果が得られた。また、収縮低減剤は明らかに凝結を遅延させる影響のあることが確認された。

〔圧縮強度〕

図 3 ~ 5 に圧縮強度の試験結果を示した。基本配合のものは、材齢 28 日で 164 N/mm^2 , 91 日で 190 N/mm^2 の高い圧縮強度を示した。図 3 ~ 5 の全体から言えることは、自己収縮を意図したいずれのケースにおいても、基本配合の圧縮強度を下回る結果となっているが、材齢 56 日では全ての配合で目標とする 150 N/mm^2 以上の圧縮強度が得られている。

より具体的には、図 3 は膨張材および収縮低減剤を単独使用もしくは併用した場合における強度発現履歴を比較したものである。膨張材のみを使用した場合（E 2 0，E 2 5，E 3 0）は、材齢 7 日では添加量が多いほど低い強度を示しているが、28 日以降はほぼ同じ強度となり、91 日では 170 N/mm^2 程度に達した。収縮低減剤を添加率 2 % で使用した場合（R 2）は、長期強度が膨張材を使用した場合よりもやや大きくなり、材齢 91 日で 176 N/mm^2 である。膨張材と収縮低減剤を併用した E 2 5 R 2 では、材齢 56 日の試験結果がやや小さいものの、それ以外の材齢ではほぼ E 3 0 と同様の強度履歴となっている。

図 4 は人工軽量骨材の置換率別に圧縮強度の発現履歴を示している。全ての材齢において置換率が高いほど圧縮強度は小さくなり、特に置換率 30 %（J L 3 0）では材齢 28 日以降ほぼ頭打ちの状況が見られ、 150 N/mm^2 前後で横ばいとなった。しかし、置換率 20 % までは材齢 91 日に至るまで圧縮強度の増進が認められ、置換率 20 %（J L 2 0）で 170 N/mm^2 に達した。

図 5 は人工軽量骨材の置換率を 20 % で一定とし、さらに膨張材および／または収縮低減剤を併用した場合の圧縮強度の発現履歴を示したものである。いずれの配合においても、J L 2 0 よりも圧縮強度が低減する結果となったが、J L 2 0 E 1 0，J L 2 0 R 1，J L 2 0 E 1 0 R 0 5 間の差異は小さく、3 ケースとも材齢 56 日以降ほぼ頭打ちの状況となった。これらでは材齢 91 日で $149 \sim 155 \text{ N/mm}^2$ 程度の圧縮強度が得られた。

〔自己収縮〕

図 6 ～ 8 に自己収縮の測定結果を示した。各配合ケースとも、凝結始発時のひずみを 0 とし、それ以降の 20 °C 非乾燥状態における自由収縮（膨張）ひずみを計測したものである。基本配合（■印）のものでは、材齢 91 日で $650 \mu\text{m/m}$ という大きな自己収縮が計測された。

図 6 は、膨張材および／または収縮低減剤を使用した場合における自己収縮の経時変化を示しているが、膨張材を 20 Kg/m^3 使用すると材齢 91 日で $370 \mu\text{m/m}$ (E 20) となり、基本配合よりも 40 % 以上自己収縮を低減することができる。さらに添加量を増すごとに低減効果は大きくなり、 30 Kg/m^3 (E 30) で $180 \mu\text{m/m}$ (材齢 91 日) となり、70 % 以上の低減効果を示す。収縮低減剤は添加率 2 % (R 2) で膨張材 20 Kg/m^3 のケース (E 20) とほぼ同じ程度の収縮低減効果 (40 %) を示す。膨張材 25 Kg/m^3 と収縮低減剤 2 % を併用したケース (E 25 R 2) では、両者単独使用の場合の効果を足し合わせた以上の効果が現れ、材齢初期に $110 \mu\text{m/m}$ の膨張が確認された後、材齢 91 日に至るまでその膨張量は漸減する。

図 7 は人工軽量骨材の置換率別に自己収縮の経時変化を示したものであるが、材齢 91 日での低減率は、それぞれ 24 % (J L 10), 34 % (J L 20), 57 % (J L 30) となり、置換率が高いほど自己収縮の低減効果は大きいことがわかる。

以上の試験例 1 の結果から、次のことが要約される。

- (1) 基本配合では、材齢 91 日で 190 N/mm^2 の高い圧縮強度を示すが $650 \mu\text{m/m}$ の自己収縮が起きる。
- (2) 膨張材 $20 \sim 30 \text{ Kg/m}^3$ では、収縮低減効率は大きい、施工性が低下する。
- (3) 収縮低減剤 2 % では、収縮低減効率が大きく、施工性も低下しない。
- (4) 膨張材 25 Kg/m^3 と収縮低減剤 2 % を併用すると、自己収縮をゼロにすることができる。
- (5) 人工軽量骨材は粗骨材に対する置換率に応じて自己収縮を低減することができるが、強度低下も置換率に応じて大きくなる。
- (6) 人工軽量骨材の置換率を最大 20 容積%とし、少量の膨張材・収縮低減剤を併用すると、比較的低コストで高い収縮低減効率が実現できる。

試験例 2

本試験は、人工軽量骨材の吸水率がコンクリートの自己収縮率に及ぼす影響を見たものである。

〔使用材料〕

- ・セメント：低熱ポルトランドセメント（記号L）（住友大阪セメント株式会社製，密度 3.22 g/cm^3 ）
- ・細骨材：陸砂（静岡産：表乾密度 2.62 g/cm^3 ，吸水率1.38%）
- ・粗骨材：
 - (1) 天然骨材（記号N）：（奥多摩産碎石：表乾密度 2.65 g/cm^3 ，吸水率0.50%）
 - (2) 人工軽量骨材（記号J）：（日本メサライト工業株式会社製の商品名Jライト，絶乾密度 1.41 g/cm^3 ，吸水率を5%，10%または12.5%に調整したもの）
 - (3) 人工軽量骨材（記号M）：（日本メサライト工業株式会社製の商品名メサライト，絶乾密度 1.29 g/cm^3 ，吸水率28%）
- ・混和剤：高性能AE減水剤（ポゾリス株式会社製の商品名SP8SBs）
- ・水：調布市の上水道水

表3にコンクリートの調合（実験No. 1～5）を示した。各実験における記号は前記の材料を表記しており，例えばLJ-5%は，低熱ポルトランドセメントを使用し，粗骨材としてJライトの吸水率5%のものを使用したことを示す。

表 3

実験 No.	記 号	W/C (%)	S/A (%)	空気量 (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	高性能AE 減水剤(Cx%)
1	LJ-5%	30	45	3	170	567	736	484	C× 10
2	LJ-10%							484	C× 10
3	LJ-12.5%							484	C× 09
4	LM-28%							442	C× 09
5	LN-0.5%							909	C× 11

各調合のコンクリートを練り混ぜ、試験例 1 と同様にして自己収縮を測定するための供試体を作製し、試験例 1 と同様にして自己収縮を測定した。その結果を図 9 に示した。

図 9 に見られるように、吸水率 0.5 % の天然粗骨材では自己収縮を示す。吸水率 5 % の J ライトを用いた場合には自己長さ変化はマイナス方向となり、自己収縮の低減効果は見られない。これに対して、吸水率 10 %、12.5 % の J ライトを用いた場合には、自己長さ変化はプラス方向となり、自己収縮の低減効果を示す。吸水率 28 % のメサライトを用いた場合には、吸水率 10 % の J ライトと同様に自己長さ変化は +200 μ m 程度で頭打ちにある。

以上説明したように、本発明によると、目標とする強度および施工性を損なわずに且つ経済的に超高強度コンクリートの自己収縮量を低減することができる。このため、建築分野のみならず、土木分野において超高強度コンクリートの適用が可能となり、PC 部材とした時にも自己収縮に基づく有効プレストレス低下の問題も解消される。

請求の範囲

1. 圧縮強度が 100 N/mm^2 を超える超高強度コンクリートの配合において、粗骨材の 30 容積%以下を人工軽量骨材で置換し、コンクリート 1 m^3 当り 30 Kg 以下の膨張材および/または単位結合材量に対し 4 重量%以下の収縮低減剤を配合して材齢 91 日での自己収縮量を $0 \sim 600 \mu\text{m/m}$ にする超高強度コンクリートの自己収縮低減法。
2. 人工軽量骨材は、吸水率 5%を超え $\sim 20\%$ 、圧壊荷重 $1000 \sim 2000 \text{ N}$ 、絶乾密度 $1.4 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$ のものである請求の範囲 1 に記載の超高強度コンクリートの自己収縮低減法。
3. 超高強度コンクリートは、さらに JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」に準ずる減水剤、高性能減水剤、AE 減水剤または高性能 AE 減水剤の少なくとも 1 種が配合されている請求の範囲 1 または 2 に記載の超高強度コンクリートの自己収縮低減法。
4. 水とセメントを含む結合材との比（水結合材比）が $10 \sim 25\%$ 、粗骨材量が 400 L/m^3 以下である請求の範囲 1, 2 または 3 に記載の超高強度コンクリートの自己収縮低減法。

図 1

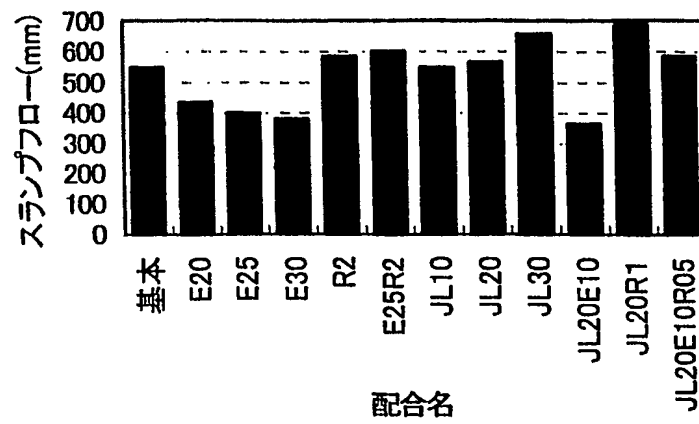


図 2

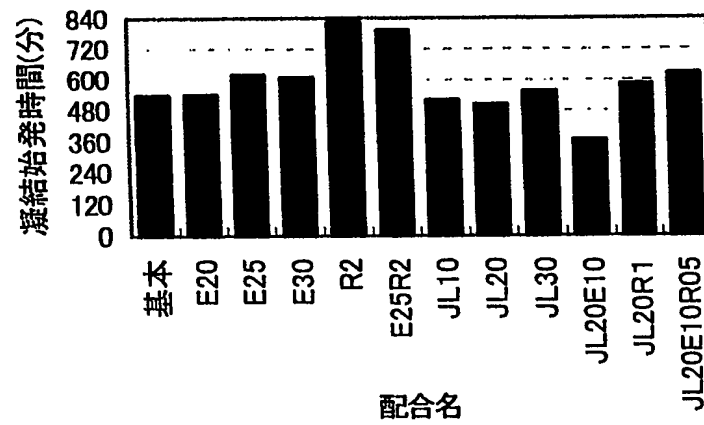


図 3

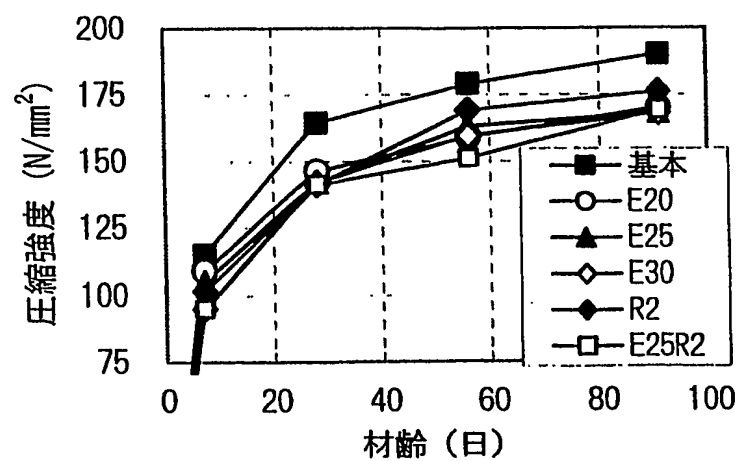


图 4

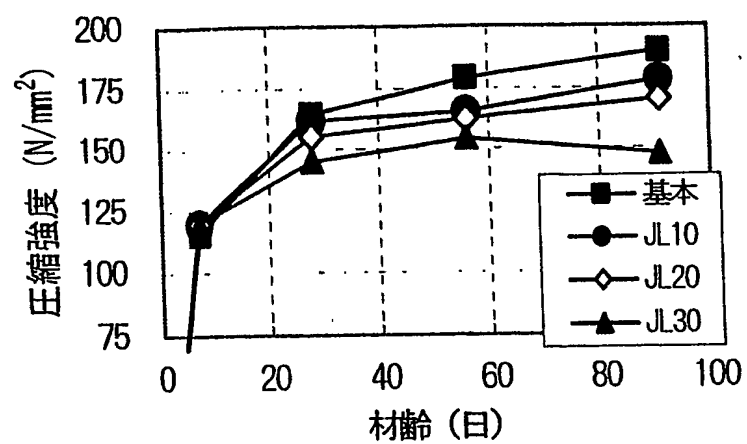


图 5

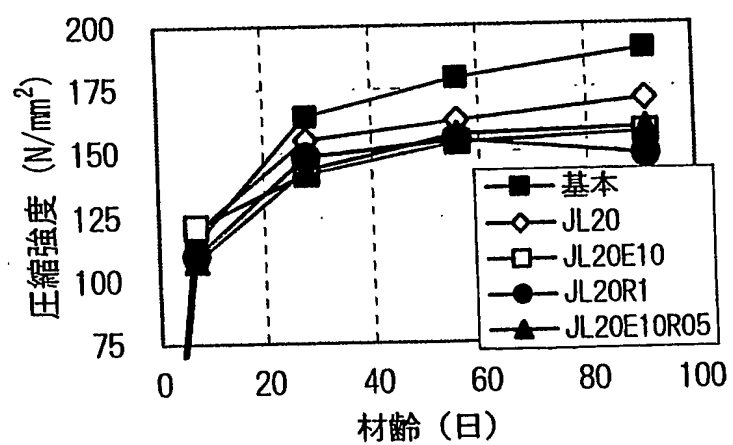


図 6

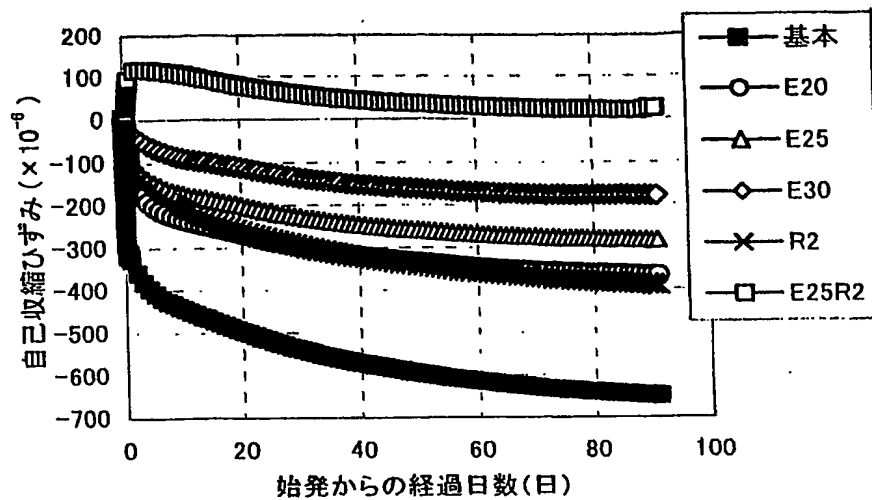


図 7

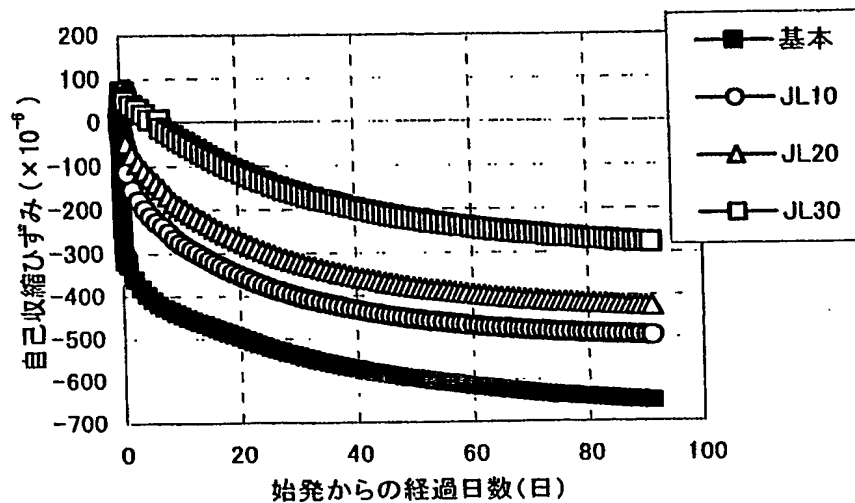


図 8

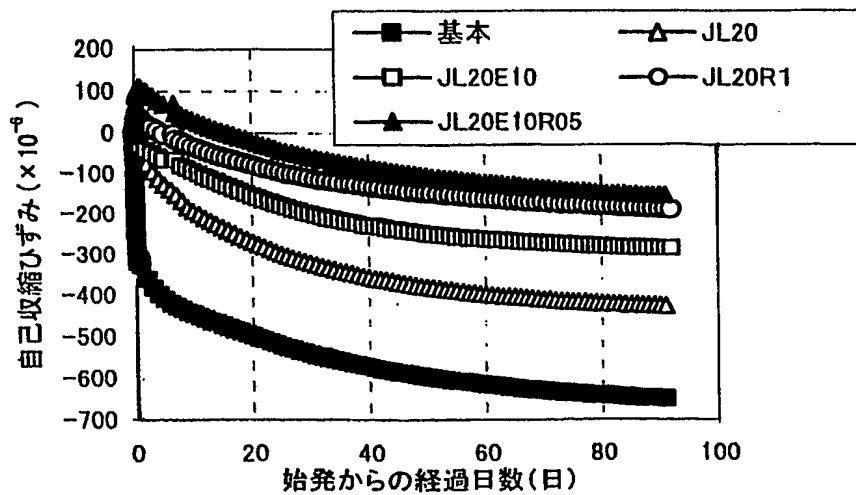
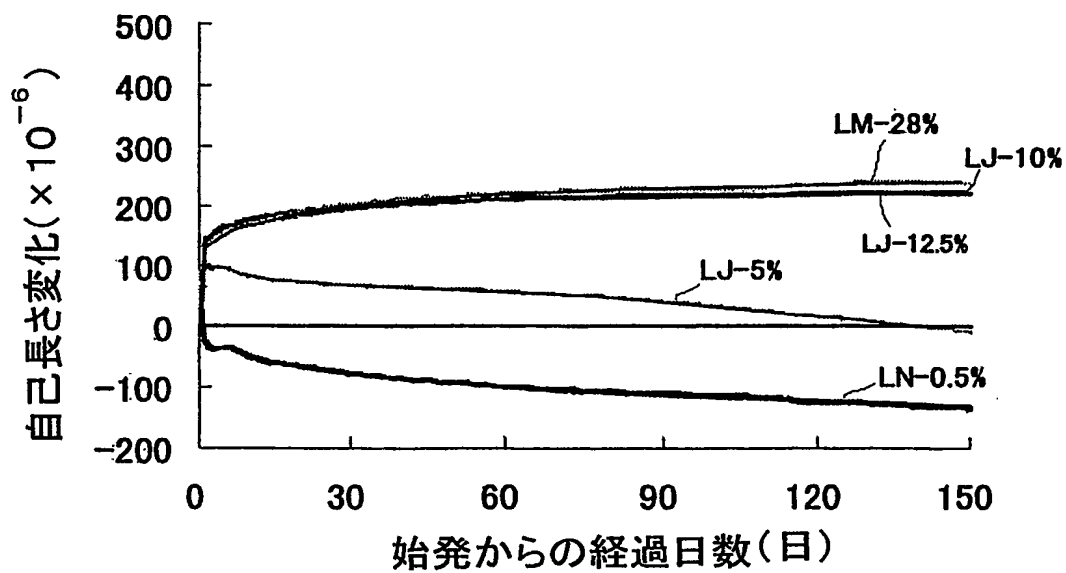


図 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009509

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C04B28/02, C04B14/02, C04B14/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C04B7/00-28/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-261414 A (Kajima Corp.), 26 September, 2001 (26.09.01), Claims; Par. Nos. [0014] to [0022] (Family: none)	1-4
Y	JP 2001-278653 A (Taiheiyo Cement Corp.), 10 October, 2001 (10.10.01), Claims; Par. Nos. [0001], [0002], [0020] to [0029] (Family: none)	1-4
Y	JP 2001-240455 A (Asahi Kasei Corp.), 04 September, 2001 (04.09.01), Claims; Par. Nos. [0001], [0018] to [0028] (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 July, 2004 (21.07.04)Date of mailing of the international search report
03 August, 2004 (03.08.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009509

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-226160 A (Taiheiyo Cement Corp.), 21 August, 2001 (21.08.01), Claims; Par. Nos. [0001] to [0004], [0022] to [0025] (Family: none)	1-4
P,X	JP 2004-68341 A (Kajima Corp.), 04 March, 2004 (04.03.04), Claims (Family: none)	1-4
P,X	JP 2003-226568 A (Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 12 August, 2003 (12.08.03), Claims; Par. Nos. [0024], [0029] to [0036] (Family: none)	1-4

Best Available Copy

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ C04B28/02, C04B14/02, C04B14/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. ⁷ C04B7/00-28/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-261414 A (鹿島建設株式会社) 2001.09.26, 特許請求の範囲, 第【0014】-【0022】段落 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 2001-278653 A (太平洋セメント株式会社) 2001.10.10, 特許請求の範囲, 第【0001】, 【0002】, 【0020】-【0029】段落 (ファミリーなし)	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.07.2004

国際調査報告の発送日

03.8.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 武重 竜男

4T 9728

電話番号 03-3581-1101 内線 3463

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2001-240455 A (旭化成株式会社) 2001. 09.04, 特許請求の範囲, 第【0001】, 【0018】 - 【0028】段落 (ファミリーなし)	1-4
Y	J P 2001-226160 A (太平洋セメント株式会社) 2 001.08.21, 特許請求の範囲, 第【0001】 - 【000 4】, 【0022】 - 【0025】段落 (ファミリーなし)	1-4
PX	J P 2004-68341 A (鹿島建設株式会社) 2004. 03.04, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-4
PX	J P 2003-226568 A (電気化学工業株式会社) 20 03.08.12, 特許請求の範囲, 第【0024】, 【002 9】 - 【0036】段落 (ファミリーなし)	1-4